

## Laser fiber allowing efficient coupling of pump light into fiber with high mechanical strength

Patent number: DE19905491

Publication date: 1999-08-19

Inventor: ZELLMER HOLGER (DE)

Applicant: ROFIN SINAR LASER GMBH (DE)

Classification:

- International: G02B6/00

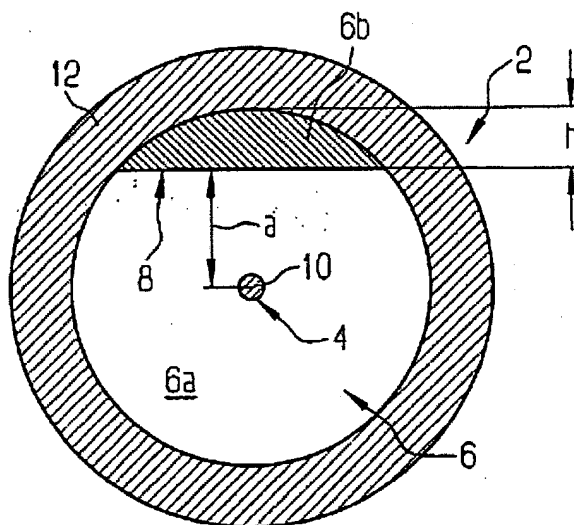
- european: C03B37/012B, G02B6/16, H01S3/094A

Application number: DE19991005491; 19990210;

Priority number(s): DE19991005491; 19990210; DE19981006343; 19980212

### Abstract of DE19905491

The laser fiber has a laser core (4) arranged centrally in the cross-section of a circular pump core (6) consisting of a first pump core part (6a) containing the laser core and at least one second pump core part (6b) with different refractive indices. The pump core parts are in contact at a plane boundary surface (8) running parallel to the central axis of the pump core and at a distance from the axis of 0.1-0.99 times the pump core radius. An independent claim is also included for the production of a laser fiber.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 05 491 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 02 B 6/00**

⑳ Aktenzeichen: 199 05 491.6  
㉑ Anmeldetag: 10. 2. 99  
㉒ Offenlegungstag: 19. 8. 99

DE 199 05 491 A 1

⑥ Innere Priorität:  
198 06 343. 1 12. 02. 98

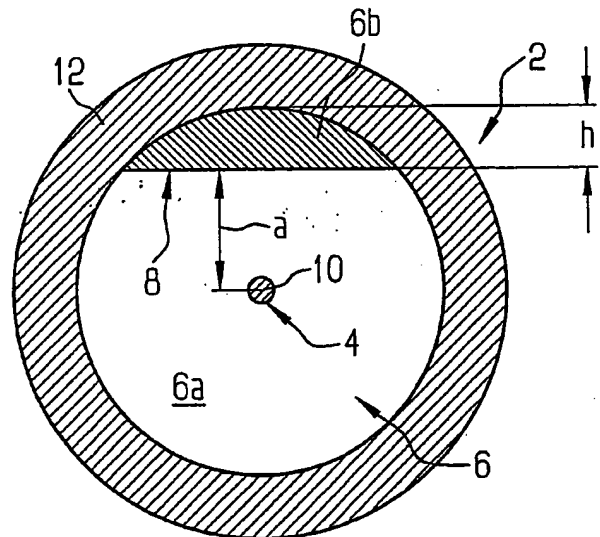
⑦ Anmelder:  
Rofin-Sinar Laser GmbH, 22113 Hamburg, DE

⑦A Vertreter:  
E. Tergau und Kollegen, 90482 Nürnberg

⑦B Erfinder:  
Zellmer, Holger, Dr., 30419 Hannover, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤A Laserfaser und Verfahren zu ihrer Herstellung
- ⑤B Eine Laserfaser (2) enthält einen Laserkern (4), der zentrisch in einem im Querschnitt kreisringförmigen Pumpkern (6) angeordnet ist, der aus einem ersten, den Laserkern (4) enthaltenden Pumpkernteil (6a) und zumindest einem zweiten Pumpkernteil (6b) zusammengesetzt ist, die voneinander verschiedene Brechungsindizes haben und sich an einer ebenen Grenzfläche (8) berühren, die parallel zur Mittenachse (10) des Pumpkerns (6) verläuft.



DE 199 05 491 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Laserfaser und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

Eine Laserfaser ist eine Lichtleitfaser, die aus einem laseraktiven Kern (Laserkern) aufgebaut ist, der von einem als optischer Wellenleiter ausgebildeten Mantel (Pumpkern) umgeben ist, in dem sich das zum optischen Pumpen des laseraktiven Kerns erforderliche Pumplicht ausbreitet und auf seine gesamte Länge in den laseraktiven Kern eingekoppelt wird. Bei einem um die Längs- oder Mittenachse rotations-symmetrischen Aufbau der Laserfaser besteht nun das Problem, daß nur ein kleiner Teil des Pumplichtes den relativ dünnen Laserkern kreuzt und zur Anregung des im Laserkern enthaltenen laseraktiven Mediums genutzt wird.

Zur Verbesserung des Wirkungsgrades einer solchen Laserfaser sind im Stand der Technik eine Vielzahl von konstruktiven Gestaltungen der Laserfaser Gestaltungen bekannt. So ist es beispielsweise bekannt, den laseraktiven Kern von einem rechteckigen Pumpkern zu umgeben. Ein auf diese Weise gestalteter Pumpkern läßt sich jedoch nur sehr schwer teilen oder brechen (cleave) und kann auch nicht einfach in einen Stecker einpoliert werden. Darüber hinaus ist die Einkopplung von Pumpstrahlung aus fasergekoppelten Laserdioden erschwert und die Kanten im Pumpkern führen zu Streuverlusten des Pumplichtes.

Es sind auch Laserfasern mit einem Pumpkern bekannt, der im Querschnitt kreisförmig ist und in dem sich der Laserkern außerhalb der Mittenachse befindet. Die Herstellung solcher Laserfasern mit azentrischem Laserkern ist jedoch aufwendig. Außerdem neigt in diesem Fall der Laserkern dazu, elliptisch zu werden.

Desweiteren erschwert der azentrische Laserkern die Benutzung von Fasersteckern.

Aus der DE 195 35 526 C1 oder der WO 97/12429 sind auch Laserfasern mit einem Pumpkern bekannt, der im Querschnitt eine D-Form aufweist. Auch hier führen jedoch die Kanten im Pumpkern zu Streuverlusten des Pumplichtes. Außerdem kann durch den D-förmigen Abschleiß weniger Pumplicht in die Laserfaser eingekoppelt werden. Beim Herstellen einer solchen Laserfaser können außerdem Probleme mit den dem Pumpkern umgebenden Kunststoffcladding auftreten, das sich aufgrund der Oberflächenspannung an der abgeschliffenen Seite ansammelt. Dies kann zu einer Verringerung der Bruchfestigkeit dieser Laserfasern führen.

Um das Pumplicht möglichst effizient in den Pumpkern einzukoppeln sind auch Laserfasern bekannt, deren Pumpkern eine parabolischen Verlauf des Brechungsindex aufweist. Solche sogenannten Gradientenindexstrukturen sind jedoch aufwendig in der Herstellung.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde eine Laserfaser anzugeben, die bei hoher mechanischer Stabilität einen möglichst hohen Wirkungsgrad bei der Einkopplung von Pumplicht in den Laserkern hat. Der Erfindung liegt außerdem die Aufgabe zugrunde ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Laserfaser anzugeben.

Die genannte Aufgabe wird bezüglich der Faserlaser gemäß der Erfindung gelöst mit den Merkmalen des Patentanspruches 1. Die Laserfaser enthält gemäß der Erfindung einen Laserkern, der zentrisch in einem im Querschnitt kreisringförmigen Pumpkern angeordnet ist, der aus einem ersten, den Laserkern enthaltenden Pumpkernteil und zumindest einem zweiten Pumpkernteil zusammengesetzt ist, die voneinander verschiedene Brechungsindizes haben und sich an einer ebenen Grenzfläche berühren, die parallel zur Mittenachse des Pumpkerns verläuft.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen wiedergegeben.

Hinsichtlich des Verfahrens wird die Aufgabe gemäß der Erfindung gelöst mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 4. Bei dem Verfahren zur Herstellung einer Laserfaser wird eine aus einem Kern und einem kreisringförmigen homogenen Mantel aufgebaute Preform abgeschliffen, so daß sich ein Mantelteil mit einer ebenen Fläche parallel zur Mittenachse des Mantels ergibt, auf die ein im Querschnitt kreisabschnittförmiges Preformteil aufgesetzt wird, wobei sich das Mantelteil und das Preformteil zu einem im Querschnitt kreisringförmigen, als Pumpkern vorgesehenen zusammengesetzten Mantel ergänzen.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf das Ausführungsbeispiel der Zeichnung der verwiesen. Es zeigen:

Fig. 1 eine Faserlaser gemäß der Erfindung in einem Querschnitt,

Fig. 2 einen Faserlaser mit einer Laserfaser gemäß der Erfindung in einem Längsschnitt,

Fig. 3a-d Preformen der Laserfaser gemäß der Erfindung während zeitlich aufeinanderfolgender Herstellungsschritte in einer schematischen perspektiven Darstellung.

Gemäß Fig. 1 enthält eine Laserfaser 2 einen laseraktiven Kern oder Laserkern 4, der beispielsweise mit Elementen aus der Gruppe der seltenen Erden dotiert ist. Der Laserkern 4 ist zentrisch in einem ihn umgebenden kreisringförmigen Pumpkern 6 angeordnet. Der Pumpkern 6 umfaßt ein erstes Pumpkernteil 6a und ein zweites Pumpkernteil 6b, die zusammengesetzt den im Querschnitt kreisringförmigen Pumpkern 6 ergeben. Im ersten Pumpkernteil 6a ist der Laserkern 4 eingebettet. Erstes Pumpkernteil 6a und zweites Pumpkernteil 6b stoßen an einer Grenzfläche 8 aneinander, die eben ist und sich parallel zur senkrecht zur Zeichenebene verlaufenden Mittenachse 10 erstreckt. Das zweite Pumpkernteil 6b wird im Querschnitt betrachtet durch einen Kreisabschnitt gebildet, dessen Höhe  $h$  zwischen 1% und 90% des Pumpkernradius  $r$  beträgt. Mit anderen Worten: Der Abstand  $a$  der Grenzfläche 8 zwischen dem ersten Pumpkernteil 6a und dem zweiten Pumpkernteil 6b von der Mittenachse beträgt zwischen 10% und 99% des Pumpkernradius  $r$ .

Der Pumpkern 6 ist außerdem zum Schutz vor mechanischer Zerstörung von einem Cladding 12, beispielsweise ein Kunststoffmantel, umgeben.

Gemäß Fig. 2 umfaßt ein Faserlaser eine Pumplichtquelle 14, beispielsweise eine Laserdioden, und eine Koppeloptik 16 zum Einkoppeln des von der Pumplichtquelle 14 erzeugten Pumplichtes 17 in den Pumpkern 6 der Laserfaser 2. An der Stirnseite der Laserfaser 2 ist außerdem ein halbdurchlässiger Spiegel 18 angeordnet.

Im Pumpkern 6 der Laserfaser 2 breitet sich das Pumplicht aus, wobei es bei seiner Ausbreitung den Laserkern 4 durchquert. Durch Absorption des Pumplichtes 17 im Laserkern 4 wird dem Laserprozeß Energie zugeführt. An dem der Pumplichtquelle 14 gegenüberliegenden Ende 20 der Laserfaser 2 wird das im Laserkern 4 erzeugte Laserlicht 22 ausgekoppelt.

Gemäß Fig. 3a wird zunächst eine Preform 26 nach bekannten Verfahren, z. B. aus Quarzglas, beispielsweise mit dem MCVD-Verfahren hergestellt. Diese Preform 26 besteht aus dem Kern 28 und einem im Querschnitt kreisringförmigen lichtleitenden Mantel 30. In einem nächsten Schritt wird dieser Mantel 30 dann seitlich geschliffen und planpoliert. Auf diese Weise entsteht ein in Fig. 3b dargestelltes Mantelteil 31 mit einer ebenen Fläche 32, die parallel zur Mittenachse 33 des Mantels 30 verläuft, so daß die Preform 26 den D-förmigen Querschnitt der aus Laserkern 4 und dem ersten Pumpkernteil 6a des Pumpkerns 6 gebildete Laserfaserteils hat (Fig. 1).

Auf die planpolierte Fläche 32 des Mantelteils 31 wird

gemäß Fig. 3c ein im Querschnitt kreisabschnittförmiges lichtleitendes Preformteil 34 aufgesetzt, das einen niedrigen Brechungsindex als der Mantel 30 bzw. das Mantelteil 31 hat. Dieses Preformteil 34 besteht beispielsweise aus mit Fluor dotiertem Quarzglas und hat genau die Form des vorher von der Preform 26 beim Schleifen entfernten Materials, so daß der auf diese Weise gestaltete zusammengesetzte Mantel 36 erneut einen kreisringförmigen Querschnitt erhält. Die sich so ergebende zusammengesetzte Preform 38 wird anschließend mit konventionellen Verfahren zur Laserfaser verzogen, so daß sich aus dem zusammengesetzten Mantel 36 der Pumpkern 6 ergibt (Fig. 1). Anschließend wird die Laserfaser mit einem Kunststoffcladding ummantelt.

Mit einem solchen Herstellungsverfahren ist es auch möglich, den Pumpkern aus mehr als zwei Teilen aufzubauen. Beispielsweise können auch mehrere ebene Grenzflächen symmetrisch oder unsymmetrisch um die Mittenachse verteilt angeordnet sein, auf die dann ebenfalls jeweils eine Preform aufgesetzt wird, so daß sich der Mantel erneut eine kreisringförmige Gestalt annimmt.

#### Bezugszeichenliste

2 Laserfaser	25
4 Laserkern	
6 Pumpkern	
6a, 6b erstes, zweites Pumpkernteil	
8 Grenzfläche	
10 Mittenachse	30
12 Cladding	
14 Pumplichtquelle	
16 Koppeloptik	
17 Pumplicht	
20 Ende	35
22 Laserlicht	
26 Preform	
28 Kern	
30 Mantel	
31 Mantelteil	40
32 Fläche	
33 Mittenachse	
34 Preformteil	
36 zusammengesetzter Mantel	
38 zusammengesetzte Preform	45

#### Patentansprüche

1. Laserfaser (2) mit einem Laserkern (4), der zentrisch in einem im Querschnitt kreisringförmigen Pumpkern (6) angeordnet ist, der aus einem ersten, den Laserkern (4) enthaltenden Pumpkernteil (6a) und zumindest einem zweiten Pumpkernteil (6b) zusammengesetzt ist, die voneinander verschiedene Brechungsindizes haben und sich an einer ebenen Grenzfläche (8) berühren, die parallel zur Mittenachse (10) des Pumpkerns (6) verläuft.
2. Laserfaser nach Anspruch 1, bei dem der Abstand (a) der Grenzfläche (8) von der Mittenachse (10) des Pumpkerns (6) zwischen dem 0,1- und dem 0,99-fachen des Radius (r) des Pumpkerns (6) beträgt.
3. Laserfaser nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei dem der Brechungsindex des den Laserkern (4) enthaltenden ersten Pumpkernteils (6a) größer ist als der Brechungsindex des zweiten Pumpkernteils (6b).
4. Verfahren zur Herstellung einer Laserfaser (2) gemäß einem der vorgehenden Ansprüche, bei dem eine aus einem Kern (28) und einem kreisringförmigen ho-

mogenen Mantel (30) aufgebaute Preform (26) abgeschliffen wird, so daß sich ein Mantelteil (31) mit einer ebenen Fläche (32) parallel zur Mittenachse (33) des Mantels (30) ergibt, auf die ein im Querschnitt kreisabschnittförmiges Preformteil (34) aufgesetzt wird, wobei sich das Mantelteil (31) und das Preformteil (34) zu einem im Querschnitt kreisringförmigen als Pumpkern vorgesehenen zusammengesetzten Mantel (36) ergänzen.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

FIG 1

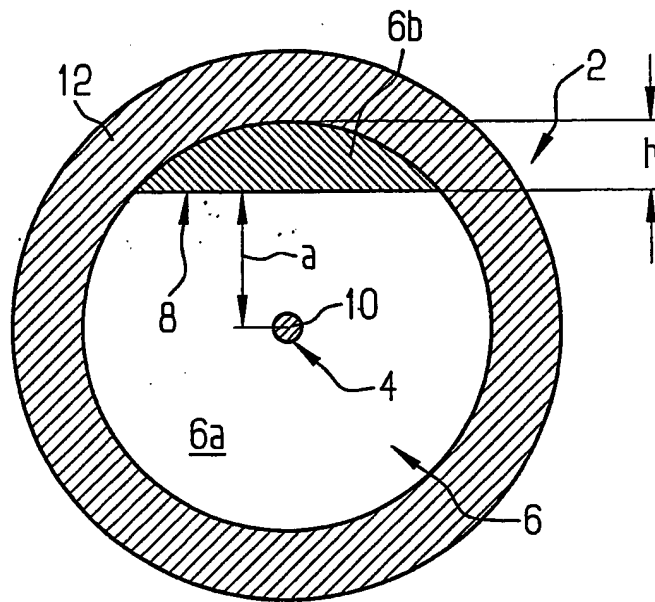


FIG 2

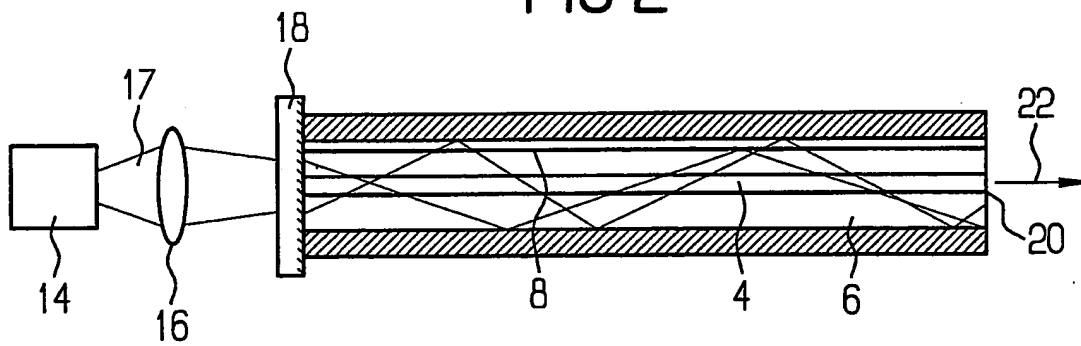


FIG 3a

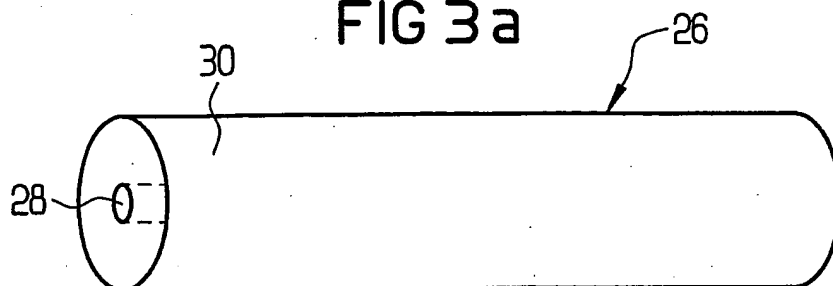


FIG 3b

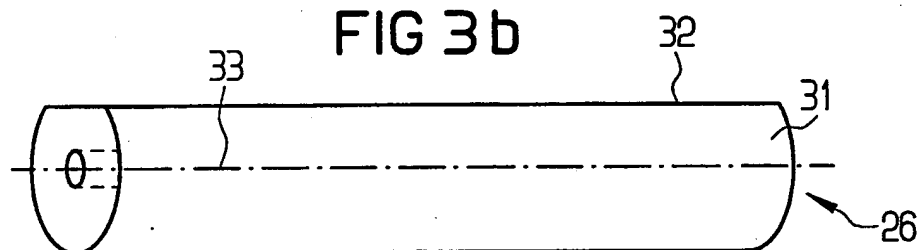


FIG 3c

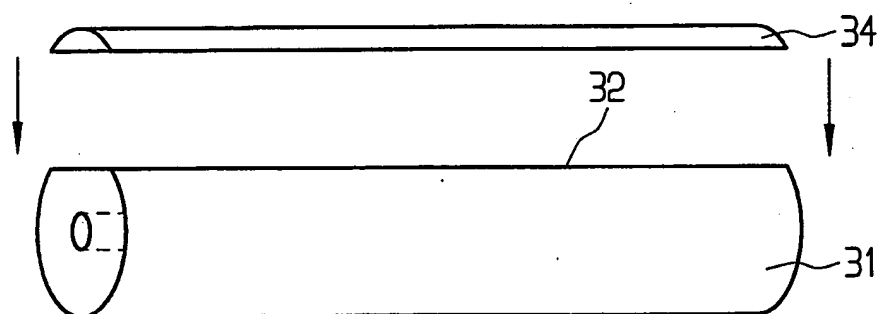


FIG 3D

